

第2図 左：ロシア白海で見られた蜃気楼の高度変化(写真)。右：数値シミュレーションによる各高度での観察者に届く光路。数値シミュレーションはLehn (1985)の方法で行った。与えた温度構造は第1図の破線。計算した観察者の高度は、0、5、10、15、20、22、25m。計算結果の光路図上に示した船の位置は推定。また、図の中の破線は推定される消失線の距離による軌跡。

ロシア白海における蜃気楼の高度変化

川上 紳一・東 條 文 治

ロシア、白海のウインターコースト (Winter Coast) では、北に広がるバレンツ海から冷たい海水が流れ込んでおり、蜃気楼が頻繁に観測される (川上・東條, 2003)。もっとも多く見られる蜃気楼は、正立像の上に倒立像が重なるもので、海水表面付近の大気が冷やされることが原因と考えられる。

ウインターコーストでは海岸に沿って標高差120 mの急崖が続いており、2003年7月3日22時から翌日1時にかけて斜面を登って、腕時計 (CASIO PRO TREK) についている温度計で気温の高度変化を測定した (第1図)。この図に示されるような上暖下冷の温度構造の時には、正立像の上に、倒立像が重なるような蜃気楼が観測される。第2図左は、この日の10時40分ごろ、海岸から標高約25 m 付近までの範囲でみられた蜃気楼の画像である。観測者の高度が上がるにつれ、船の像は変化していき、標高25 m 辺りで像は見られなくなった。

このような高度とともに蜃気楼が変化する現象を理解するために、数値シミュレーションを行った。船までの距離は直接測定していないが、蜃気楼になっている船が2本のクレーンをもつコンテナ船で、その全長は120 m 程度であることと、船を見込む角度が6ミリラジアンであることから、約20 km と推定した。計算には Lehn (1985) の方法を用い、海面での気圧を1気圧として、観測された蜃気楼の像を再現する大気の温度構造を探った。

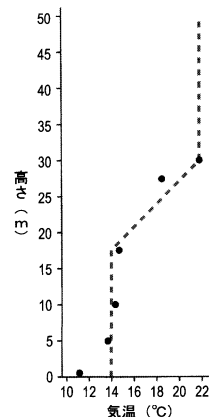
第2図右は第1図の温度構造を与えた場合の光路の計算結果である。この例でわかるように、低い高度では、海面付近を通過するあまり屈折の影響を受けない経路を通過した正立像と、射出角が高く大きく屈折した経路を通過した倒立像がみられる。さらに詳しく見ると、中央部に左上がり光路線の密度が高い部分があり、この部分より下側にあるものは正立像しか見えない。観測者の高度が高くなると、この光路線の密度

の高い部分は観測者に近づくように変化し、倒立像としては物体の下側へと視野が広くなるように変化する。また20~30 km 付近にはほぼ水平に見られる消失線 (第2図右、破線)は、観測者の高度が高くなると相対的に低くなる。すなわち観測者から見える正立像と倒立像の境界の消失線は物体に対して下がっていく。また、高度25 m の計算結果では、観測者が逆転層の中ほどに位置し、遠くのは見えなくなる。これらの傾向はロシア白海で観測された現象と良く一致する。

上暖下冷の温度構造の場合、与える温度逆転層の厚さ、温度勾配、高度によって計算結果に細かい変化はあったが、観測者が温度逆転層より下を上昇して行くときには消失線の位置の低下は緩やかであり、観測者が逆転層下部に到達すると急激に消失線は低下し、遠くのものが見えなくなっていくという傾向は共通している。

参 考 文 献

- 川上紳一, 東條文治, 2003: ロシア白海における蜃気楼で沈まなかった太陽, 天気, 50, 829-830.
Lehn, W. H., 1985: A simple parabolic model for the optics of the atmospheric surface layer, Appl. Math. Modelling, 9, 447-453.



第1図 気温の鉛直変化 (黒丸) と数値シミュレーションで使った温度構造 (波線)。

* Change of mirage images with height observed at the White Sea, Russia.

** Shin-ichi Kawakami, 岐阜大学教育学部.

*** Bunji Tojo, 名古屋大学大学院環境学研究科.

© 2004 日本気象学会